

# 鲜黄芪和干黄芪挥发性化学成分比较分析

徐怀德, 周 瑶, 雷 霆

(西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:** 采用同时蒸馏-萃取法提取, 用气相-色谱质谱联用法结合计算机谱图检索, 对鲜黄芪和干黄芪挥发性化学成分进行分析鉴定。结果表明: 鲜黄芪和干黄芪挥发性成分的得率分别为 0.64%、0.43%, 鲜黄芪和干黄芪共鉴定出挥发性成分 76 种; 二者的共有成分为正己醇、(E)-2-己烯-1-醇、正己醛、己-2-烯醛等 11 个化合物; 鲜黄芪中鉴定出 43 种挥发性成分, 主成分是正己醇、邻二甲苯、(E)-2-己烯-1-醇、(E)-2-己烯醛、正己醛; 干黄芪中鉴定出 44 种香气成分, 主成分是正己醛、正己醇、己-2-烯醛。干黄芪挥发性成分与新鲜黄芪挥发性成分相比较组成和相对含量存在着较大差异。

**关键词:** 黄芪; 挥发性成分; 同时蒸馏-萃取法; 气相色谱-质谱法

## Volatile Analysis in Fresh and Dried *Astragali Radix*

XU Huai-de, ZHOU Yao, LEI Ting

(College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** Simultaneous distillation-extraction followed by gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS) analysis was conducted to analyze volatiles in fresh and dried *Astragali Radix*. The yield of volatile compounds from fresh and dried *Astragali Radix* was 0.64% and 0.43%, respectively. Totally 76 chemical components were identified and 11 compounds including 1-hexanol, (E)-2-hexen-1-ol, hexanal, 2-hexenal were presented in both fresh and dry samples. Forty three compounds were identified in fresh sample and the major ones were 1-hexanol, (E)-2-hexen-1-ol, hexanal, (E)-2-hexenal, o-xylene; 44 compounds were identified in dry sample and the major ones were hexanal, 1-hexanol, 2-hexenal. Significant difference was found in volatile types and concentrations in fresh and dry samples.

**Key words:** *Astragali Radix*; volatile compounds; simultaneous distillation-extraction; gas chromatography-mass spectroscopy (GC-MS)

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)10-0171-04

黄芪是豆科植物蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao 或膜荚黄芪 *Astragalus membra-naceus* (Fisch) Bge. 的干燥根<sup>[1]</sup>, 主要分布于我国北部和西南地区<sup>[2]</sup>。传统中医认为黄芪具有补气固表、利尿排毒、排脓、敛疮生肌等功效, 现代药理研究表明, 黄芪具有增强机体免疫功能, 强心降压、降血糖、利尿、抗疲劳等作用<sup>[3-4]</sup>。黄芪含有黄酮类、皂苷类和多糖等成分, 具有很高的食疗价值, 也是保健食品加工用原料, 是百姓经常食用的纯天然品, 食用方便, 可煎汤、煎膏、浸酒、入菜肴等, 也有黄芪奶片、黄芪饼干、黄芪口香糖等加工产品。

前人对黄芪及其不同部位中的挥发性成分进行了分析<sup>[5-7]</sup>, 但未见鲜黄芪和干黄芪挥发性成分的比较分析。本实验对鲜黄芪和干黄芪挥发性成分进行比较, 以期

黄芪加工、质量控制和标准制定提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂与仪器

2009 年 10 月采集陕西子洲县种植的 3 年生黄芪植株, 经鉴定为豆科植物膜荚黄芪, 符合《中国药典》(2005 版)相应的要求。鲜黄芪: 去净根部泥土及地上部分, 含水量为 60%~70% 左右; 干黄芪: 去净根部泥土及地上部分, 剪光须根, 晾晒干, 将根理直, 扎成小把, 放在通风的地方晒至全干即成(含水量为 10%~13%)。

二氯甲烷、氯化钠、无水硫酸钠等均为分析纯。

2010 型气相色谱-质谱联用仪 美国 Finnigan 公司; 同时蒸馏-萃取装置 自制。

收稿日期: 2010-07-13

作者简介: 徐怀德(1964—), 男, 副教授, 本科, 主要从事软饮料、果品蔬菜贮藏与加工、天然产物提取研究。

E-mail: xuhuaide@yahoo.com.cn

## 1.2 黄芪挥发性成分的提取

### 1.2.1 鲜黄芪挥发性成分提取

采用同时蒸馏-萃取法(simultaneous distillation extraction, SED)。取100g鲜黄芪,将样品破碎、打浆后迅速装入2000mL圆底烧瓶,加入1000mL 2mol/L氯化钠溶液,同时加入少量沸石,用电热套加热保持样品微沸;另取50mL二氯甲烷置于100mL圆底烧瓶中,在水浴锅上60℃加热,同时蒸馏萃取4h。二氯甲烷萃取液经无水硫酸钠干燥后,加入10mg/100mL无水硫酸钠置-20℃冰箱中过夜,趁冷过滤除去冰块与硫酸钠,用旋转蒸发仪浓缩除去二氯甲烷,放置4℃冰箱中备用。

### 1.2.2 干黄芪挥发性成分提取

采用SED法。取100g干黄芪,加入1000mL 2mol/L氯化钠溶液浸泡12h,将样品破碎、打浆后迅速装入2000mL圆底烧瓶,其他操作按照1.2.1节中的鲜黄芪提取方法进行。

## 1.3 GC-MS 分析

色谱柱为HP-INNOWAX(30m×0.25mm, 0.25μm)弹性石英毛细管柱;色谱条件:载气高纯氮气,流速1.0mL/min;分流比80:1;进样口温度250℃;程序升温为初始柱温60℃,保留2.5min,以5℃/min升至200℃,再以10℃/min升至240℃,保持8min。质谱条件:EI离子源,70eV;离子源温度200℃,传输线温度230℃;质量扫描范围35~400u;发射电流100μA。

## 2 结果与分析

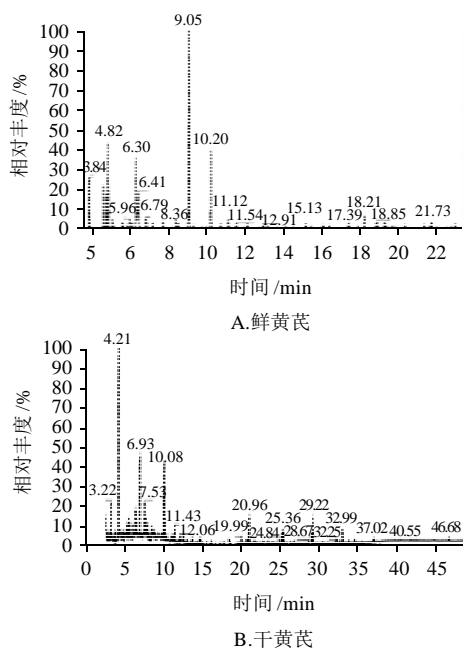


图1 黄芪挥发性成分的总离子流图

Fig.1 Total ion chromatograms of volatile compounds in fresh and dried *Astragalus Radix*

同时蒸馏-萃取法提取的鲜黄芪和干黄芪挥发油的总离子流图见图1,采用随机Xcalibur工作站NIST 2002标准谱库自动检索各组分质谱数据,参考文献资料及标准谱图对机检结果进行核对和确认,黄芪相对含量经数据处理系统按峰面积归一化法计算得出,结果见表1。

通过同时蒸馏萃取,鲜黄芪的挥发性成分的得率为0.64%,干黄芪的挥发性成分的得率为0.43%,鲜黄芪中挥发性成分含量高于干黄芪。

由表2可知,鲜黄芪和干黄芪共鉴定出香气成分76种,其中58种组分是前人文献中没有报道的,这与植物性挥发油随着土壤成分、气候条件、生长季节、生成年限、采收时间、储运情况、提取工艺、检测方法等不同,组分与含量有一定差异<sup>[8]</sup>。黄芪挥发性成分主要类型成分烃、醛、醇等;二者的共有成分为正己醇、(E)-2-己烯-1-醇、正己醛、己-2-烯醛等11个化合物;一些成分为鲜黄芪或干黄芪所独有。

鲜黄芪中鉴定出43种香气成分,主成分是正己醇(27.50%)、邻二甲苯(13.62%)、(E)-2-己烯-1-醇(10.39%)、(E)-2-己烯醛(8.67%)、正己醛(5.40%)、乙苯(4.99%)、对-甲乙苯(4.51%)、间-甲乙苯(2.76%)、(E,E)-2,4-癸二烯醛(2.12%)、1,2,4-三甲苯(1.94%)、己酸(1.47%)等,已鉴定成分占总挥发性成分的98.48%。

干黄芪中鉴定出44种香气成分,主成分是正己醛(13.69%)、正己醇(9.67%)、己-2-烯醛(9.24%)、(E,E)-2,4-癸二烯醛(3.26%)、1,2,3-甲氧基-5-(2-丙烯基)-苯(2.59%)、己基-环己烷(2.21%)、2-甲基-反萘烷(2.11%)、(E)-2-己烯-1-醇(2.02%)、1-甲基环-1-己基酮(1.88%)、2-己基-1-癸醇(1.67%)、油酸甲酯(1.39%)等,已鉴定成分占总挥发性成分的84.54%。

由表2可以看出,干黄芪挥发性成分与新鲜黄芪挥发性成分相比较组成和相对含量存在着较大差异。醇类化合物在干黄芪中与鲜黄芪相比,种类减少且相对含量降低,而醛类化合物的相对含量升高,变化明显的正己醇相对含量降低而正己醛的相对含量升高,这可能是正己醇可经脂肪氧化酶(LOX)作用转化为正己醛<sup>[9]</sup>。干黄芪与鲜黄芪相比一些低沸点酸类、烯烃类、酮类物质消失,同时诸如酯类化合物的形成,这可能是干燥过程中部分物质之间发生了一系列的反应,最后只有一部分原始香气物质能保存下来。由此说明干燥过程是影响黄芪质量的重要环节,为稳定药材质量,需要对干燥温度、干燥时间等因素进行严格控制。

植物中的挥发性成分大多具有浓郁香味,可用来制造各种香精香料,添加于软饮料、冰制食品、糖果、口香糖、调味料等<sup>[10]</sup>。此外,有的挥发性物质中含有萜类、醇类、酚类等物质<sup>[11-13]</sup>,具有抗氧化、抗菌活性,可应用于食品的抗氧化及其防腐保鲜。黄

芪挥发性物质中的正己醛、正己醇、2-己烯醛等物质是构成黄芪豆腥味的重要成分<sup>[9]</sup>, 黄芪中的正己醛含量与黄芪的产地以及生长年限密切相关, 并且与黄芪质量

评价的两个重要指标(黄芪甲苷以及多糖)的含量呈正相关关系, 说明其挥发性成分在黄芪质量评价中发挥重要作用<sup>[14]</sup>。

表1 黄芪挥发性化学成分鉴定  
Table 1 Identity of volatile compounds in *Radix Astragali*

序号	化合物名称	相对分子质量	分子式	相对含量/%	
				鲜黄芪	干黄芪
1	2-甲基-3-丁烯-2-醇 2-methyl-3-buten-2-ol	86	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.32	—
2	1-戊烯-3-醇 1-penten-3-ol	86	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	0.9	—
3 <sup>a</sup>	(Z)-2-戊烯醇 (Z)-2-penten-1-ol	86	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	1.12	—
4	正己醇 1-hexanol	102	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	27.5	9.67
5	(Z)-3-己烯-1-醇 (Z)-3-hexen-1-ol	100	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0.3	—
6	(E)-2-己烯-1-醇 (E)-2-hexen-1-ol	100	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	10.39	2.02
7 <sup>a</sup>	1-辛烯-3-醇 1-octen-3-ol	128	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	1.06	0.55
8 <sup>a</sup>	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇 3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol	154	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.21	—
醇类	(E)-2-辛烯-1-醇 (E)-2-octen-1-ol	128	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	0.16	—
	1-壬烯-4-醇 1-nonen-4-ol	142	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	0.47	—
	$\alpha$ -松油醇 <i>p</i> -menth-1-en-8-ol	154	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.28	—
	(E)-2-壬烯-1-醇 (E)-2-nonen-1-ol	142	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	0.3	—
	2,2,4-三甲基-5-己基-3-醇 2,2,4-trimethyl-5-hexen-3-ol	142	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	1.04	—
	2-己基-1-癸醇 2-hexyl-1-decanol	242	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub> O	—	1.67
	3-甲基-2-丁烯-1-醇 3-methyl-2-buten-1-ol	86	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	—	0.91
16 <sup>a</sup>	正己醛 hexanal	100	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	5.4	13.69
17 <sup>a</sup>	己-2-烯醛 2-hexenal	98	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	1.17	9.24
18	(E)-2-己烯醛 (E)-2-hexenal	98	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	8.67	—
19	(Z)-顺-2-庚烯醛 (Z)-2-heptenal	112	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O	0.47	—
20 <sup>a</sup>	(E)-2-辛烯醛 (E)-2-octenal	126	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	0.49	0.59
醛类	3-糠醛 3-furaldehyde	96	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	0.69	—
	(E,E)-2,4-庚二烯醛 (E,E)-2,4-heptadienal	110	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	0.6	0.88
	(E)-2-壬烯醛 (E)-2-nonenal	140	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	0.34	0.55
	(E,E)-2,4-十二碳二烯醛 (E,E)-2,4-dodecadienal	180	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O	0.24	—
	(E,E)-2,4-癸二烯醛 (E,E)-2,4-decadienal	152	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	2.12	3.26
	戊醛 pentanal	86	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	—	0.7
	正己酸乙酯 <i>n</i> -caproic acid vinyl ester	142	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0.19	—
酯类	(Z)-油酸甲酯 9-octadecenoic acid methyl ester	296	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	—	1.39
	1,2-苯二酸二异辛酯 1,2-benzenedicarboxylic acid, diisooctyl ester	390	C <sub>24</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	—	0.7
	棕榈酸甲酯 hexadecanoic acid, methyl ester	270	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	—	0.99
酸类	己酸 hexanoic acid	116	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1.47	—
	辛酸 octanoic acid	144	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	0.2	—
33	十四烷 tetradecane	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0.22	0.84
34 <sup>a</sup>	十七烷 heptadecane	240	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	0.2	—
35 <sup>a</sup>	正十九烷 nonadecane	268	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	0.26	—
36 <sup>a</sup>	正二十烷 eicosane	282	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	0.29	—
37 <sup>a</sup>	正二十一烷 heneicosane	296	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	0.38	—
烃类	柠檬烯 limonene	136	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.41	—
	1-十六烯 1-hexadecane	226	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	0.3	—
	乙苯 ethylbenzene	106	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	4.99	—
	邻二甲苯 <i>o</i> -xylene	106	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	13.62	—
	丙苯 propylbenzene	120	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	0.51	—
	间-甲乙苯 1-ethyl-3-methylbenzene	120	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	2.76	—
	对-甲乙苯 1-ethyl-4-methylbenzene	120	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	4.51	—
	1,2,4-三甲苯 1,2,4-trimethylbenzene	120	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	1.94	—
	2-甲基癸烷 2-methyl-decane	156	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	—	1.12
	2,3-二甲基癸烷 2,3-dimethyldecane	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	—	1.14
	1-甲基-2-(4-甲基戊基)环戊烷 1-methyl-2-(4-methylpentyl)cyclopentane	168	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	—	0.61
	2,6-二甲基癸烷 2,6-dimethyldecane	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	—	0.88
	1-乙基-2-丙基-环己烷 1-ethyl-2-propyl-cyclohexane	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	—	0.79
	3,7-二甲基癸烷 3,7-dimethyl-decane	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	—	0.81

续表 1

序号	化合物名称	相对分子质量	分子式	相对含量 /%	
				鲜黄芪	干黄芪
52	2,3-二甲基癸烷 2,3-dimethyldecane	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	—	0.96
53	2-甲基-十一烷 2-methyl-undecane	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	—	1.63
54	3-甲基-十一烷 3-methyl-undecane	170	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	—	1.29
55	戊基-环己烷 pentyl-cyclohexane	154	C <sub>11</sub> H <sub>22</sub>	—	1.52
56	2,6-二甲基十一烷 2,6-dimethyl-undecane	184	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	—	2.93
57	7-甲基-十三烷 7-methyl-tridecane	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	—	3.4
58	4-甲基-十二烷 4-methyl-dodecane	184	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	—	0.5
59	2-甲基十二烷 2-methyl-dodecane	184	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	—	2.21
烃类	60 5-甲基-十四烷 5-methyl-tetradecane	212	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	—	1.45
	61 己基-环己烷 hexyl-cyclohexane	168	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	—	2.11
	62 十三烷 tridecane	184	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	—	1.18
	63 2,5-二甲基十二烷 2,5-dimethyl-dodecane	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	—	0.48
64	6-甲基-十三烷 6-methyl-tridecane	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	—	0.59
65	3-甲基十三烷 3-methyl-tridecane	198	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	—	0.61
66	庚基环己烷 heptylcyclohexane	182	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	—	0.96
67 <sup>a</sup>	2,6,10,14-四甲基十五烷 2,6,10,14-tetramethyl-pentadecane	268	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	—	0.62
68	2-甲基-反癸烷 2-methyl-trans-decalin	152	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub>	—	2.11
69	十氢化萘 decahydro-naphthalene	138	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	—	1.12
70 <sup>a</sup>	(E,E)-3,5-辛二烯-2-酮 (E,E)-3,5-octadien-2-one	124	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	0.16	—
酮类	71 3-羟基-2-丁酮 3-hydroxy-2-butanone	88	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0.81	—
	72 1-甲基环-1-己基酮 1-methyl-1-cyclohexyl ketone	140	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	—	1.88
73 <sup>a</sup>	1,2,3-甲氧基-5-(2-丙烯基)-苯 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-benzene	208	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>	—	2.59
其他	74 <sup>a</sup> 丁香酚甲醚 1,2-dimethoxy-4-(2-propenyl)-benzene	178	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	0.65	0.86
	75 异槐香脂素 isoelemicin	208	C <sub>15</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub>	—	0.54
	76 苯乙腈 benzyl nitrile	117	C <sub>8</sub> H <sub>7</sub> N	0.37	—
总相对含量 /%				98.48	84.54

注：a. 黄芪挥发性成分中报道的成分；—. 未检出。

表 2 鲜黄芪和干黄芪挥发性成分化学分类

Table 2 Chemical classification of volatile compounds in fresh and dried *Astragali Radix*

香气成分类型	鲜黄芪		干黄芪	
	种类	相对含量 /%	种类	相对含量 /%
醇类	13	44.05	5	14.82
醛类	10	20.19	7	28.91
酯类	1	0.19	3	3.08
酸类	2	1.67		
烃类	烷烃	5	22	28.63
	烯烃	2		
	芳香烃	6	3	3.23
酮类	2	0.97	1	1.88
其他	2	1.02	3	3.99
总相对含量	43	98.48	44	84.54

### 3 结 论

采用同时蒸馏-萃取法分别提取鲜黄芪和干黄芪挥发性成分，得率分别为 0.64% 和 0.43%，鲜黄芪的得率略高于干黄芪的得率。从鲜黄芪和干黄芪的挥发性成分共鉴定出 76 种化学成分，其中，鲜黄芪挥发性成分中鉴定出 43 种化合物，干黄芪挥发性成分中鉴定出 44 种化合物，这些成分主要醇、醛、烃类物质，但是干

黄芪挥发性成分与新鲜黄芪挥发性成分相比较组成和相对含量存在着较大差异。

### 参考文献：

- [1] 国家药典委员会. 中国药典:一部[S]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 212.
- [2] 周昇昇, 王雷, 杨月欣, 等. 中国保健食品动植物原料使用现状[J]. 中国食品卫生杂志, 2009, 21(5): 464-467.
- [3] 陈静, 袁明勇, 郑玲利, 等. 黄芪的化学成分和药理作用研究[J]. 临床医药实践, 2009, 18(11): 2217-2219.
- [4] 李季泓. 黄芪的药理作用研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2009, 11(4): 188-189.
- [5] 兰海杰. 四种蒙药化学成分和抗氧化性研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2008.
- [6] 高玉琼. 十九种植物的挥发油及部分生物活性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007.
- [7] 田锡林, 孟祥生, 卫永第, 等. 黄芪挥发油化学成分的研究[J]. 人参研究, 1994(2): 41-43.
- [8] 孙宝国, 何坚. 香料化学与工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 26-27.
- [9] 王晗, 徐世芳, 陈爱瑛, 等. 大豆制品中豆腥味及其他异味物质的化学组成及检测[J]. 浙江省医学科学院学报, 2007(1): 36-39.
- [10] 姜玮, 刘静波, 卢静, 等. 杜香挥发油研究概述[J]. 食品科学, 2010, 31(13): 337-341.
- [11] 阳小勇, 黄初升, 刘红星. 八角茴香油的化学成分及其抗氧化性研究[J]. 中国调味品, 2010, 35(7): 38-41.
- [12] 冯雪, 姜子涛, 李荣. 调味香料苹果挥发油的研究进展[J]. 中国调味品, 2009, 34(8): 40-42.
- [13] 熊运海, 冉烈, 王玫. 藿香与青蒿挥发油及其复合物抑菌活性及化学成分研究[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 135-139.
- [14] SUN Haifeng, XIE Daosheng, WU Bin, et al. The Study on the relevance between beany flavor and main bioactive components in *Radix astragali*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(9): 5568-5573.